

Method and device for testing optical systems

Patent number: DE3842144
Publication date: 1990-06-21
Inventor: SPITZNER WOLFGANG DIPL PHYS (DE); SACHS HANS-GUENTHER DR ING (DE); FELLNER BERNHARD ING GRAD (DE)
Applicant: ZEISS CARL FA (DE)
Classification:
- international: G01M11/02
- european: G01M11/02E
Application number: DE19883842144 19881215
Priority number(s): DE19883842144 19881215

Also published as:

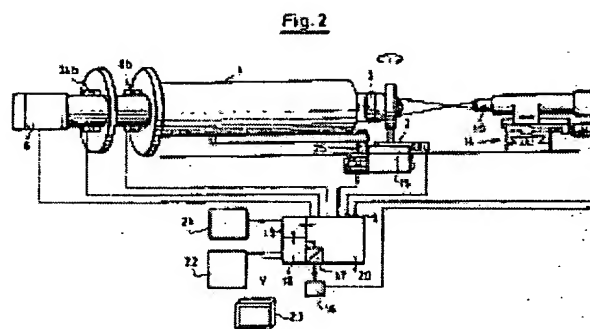


NL8902975 (A)
JP2218935 (A)

Report a data error

Abstract of DE3842144

The optical tests able to be carried out for the first time by means of the method and devices according to the invention, especially of the image quality and of the resolution are faster, more cost-effective, can be automated, are objective, more accurate and more easily documented than that allowed by the known prior art. By using a photosensitive detector (CCD surface detector, crossed diode rows in discrete beam paths or film) for the simultaneous two-dimensional taking of pictures, a very short exposure time ($\sim 1/25$ s) is obtained for taking a test image behind the optical body to be tested. By this means, the possibility is obtained of eliminating, in particular, vibrations and extraneous light influences as errors in the optical testing.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

2

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 3842144 A1

⑤ Int. Cl. 5:
G01M 11/02

⑳ Aktenzeichen: P 38 42 144.5
㉑ Anmeldetag: 15. 12. 88
㉒ Offenlegungstag: 21. 6. 90

DE 3842144 A1

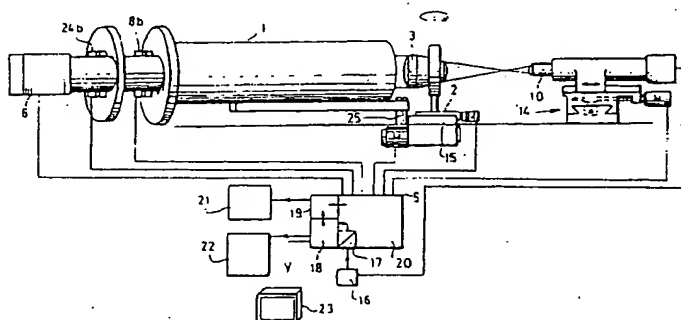
㉑ Anmelder:
Fa. Carl Zeiss, 7920 Heidenheim, DE

㉒ Erfinder:
Spitzner, Wolfgang, Dipl.-Phys., 7920 Heidenheim,
DE; Sachs, Hans-Günther, Dr.-Ing.; Fellner,
Bernhard, Ing.(grad.), 7080 Aalen, DE

㉓ Verfahren und Vorrichtung zur Prüfung von optischen Systemen

Die erstmals durch die erfindungsgemäßen Verfahren und Vorrichtungen durchführbaren optischen Prüfungen insbesondere der Bildgüte und der Auflösung sind schneller, kostengünstiger, automatisierbar, objektiv, genauer und leichter dokumentierbar als es der bekannte Stand der Technik erlaubt. Durch die Verwendung eines fotoempfindlichen Detektors (CCD-Flächendetektor, gekreuzte Diodenzeilen in diskreten Strahlengängen oder Film) zur simultanen zweidimensionalen Bildaufnahme erhält man eine sehr kurze Aufnahmezeit ($\sim 1/25$ sec.) für die Aufnahme eines Testbildes hinter dem zu prüfenden optischen Körper. Dadurch erhält man die Möglichkeit, insbesondere Vibrationen und Fremdlichteinflüsse als Fehler bei der optischen Prüfung zu eliminieren.

Fig. 2



DE 3842144 A1

Die Erfindung betrifft Verfahren zur Prüfung von optischen Systemen, bei welchen ein zweidimensionales Testmuster beleuchtet und über einen das zu prüfende optische System enthaltenden Strahlengang auf einen fotoempfindlichen Detektor einer Bildaufnahmevorrichtung abgebildet wird, und die von diesem Detektor erzeugten Signale einer Bildverarbeitungsanlage zur Auswertung zugeführt werden, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweidimensionales Bild des Testmusters von einem Flächendetektor ohne bewegte Elemente aufgenommen wird und die aus diesem Bild gewonnenen Signale als ein Datenblock einer Bildverarbeitungsanlage zur Auswertung mittels eines vorgewählten Testprogramms zugeführt werden sowie Vorrichtungen zur Durchführung der Verfahren.

Die optische Prüfung von optischen Körpern und Systemen erfolgt nach verschiedenen Verfahren zur Feststellung, inwieweit die Grundgrößen der optischen Abbildung den geforderten Spezifikationen entsprechen, insbesondere auch hinsichtlich der Gebrauchsleistung. Zur Durchführung der Prüfung sind dabei verschiedene Vorrichtungen bekannt. Unter dem Ausdruck optische Systeme sind sowohl einzelne Elemente als auch zusammengesetzte Systeme zur Beeinflussung eines optischen Strahlenganges zu verstehen.

Aus dem SMPTE-Journal, Februar 1981, Volume 90, S. 103—106 ist ein "A Television and Film Lens-Testing System" mit einem Pinhole-Objektgenerator, einer Analyseeinheit und einer Elektroneinheit bekannt, welche die Messung der modularen Transferfunktion MTF (Modular Transfer Function), des Brennpunktes, der Streulichter, der paraxialen und spektralen Transmission, der relativen Feldausleuchtung und der transversalen chromatischen Aberration erlaubt.

Bei diesem Testsystem muß mittels eines mechanischen Unterbrechers der Lichtstrom mit einer gewissen Frequenz unterbrochen werden, um so die Fremdlichteinflüsse zu minimieren. In diese Gruppe von Testsystemen gehört auch das in der Proc. SPIE Int. Soc. Opt. Eng. (USA), Vol. 399, S. 403—410 beschriebene "The computerized evaluation of a high performance aerial recomainance lens by a new automated lens testing system". Hierbei wird das Licht einer Lichtquelle nach Durchgang durch ein Pinhole-Target von zwei Spiegeln auf eine zu testende Linse abgebildet. Im Fokus der zu testenden Linse befindet sich ein Scanner mit einer Schneide und einem Punktdetektor zur Bildaufnahme.

Die Testsysteme gehören in die Gruppe der Systeme für eine Bildgüteprüfung mit mechanisch unterstützten Bildabtastelementen. Hierbei fotometrieren mechanisch bewegte Spalte, Schneiden oder Gitter mit nachgeschaltetem meßpunktaufnehmenden Strahlungsdetektor ein projiziertes Testbild. Mittels elektronischer bzw. optischer Fourieranalyse und einer geeigneten Normierungsmethode (DIN 58 185, Teil 3, insbesondere 3.2—3.7), welche aber dennoch eine zusätzliche Meßunsicherheit (ca. 2% gemäß der genannten DIN) erzeugt, kann die MTF (auch als OTF oder PTF bezeichnet) bestimmt werden. Bildschalen und Anlagemaß sowie Falschlicht und Verzeichnung werden in getrennten Meßvorrichtungen bestimmt. Diese Testsysteme benötigen einen erheblichen, heute nicht mehr akzeptablen Prüf- und Zeitaufwand, außerdem sind sie durch die mechanische Abtast- und Drehbewegungsvorrichtung mit erheblichen Meßunsicherheiten behaftet.

Außerdem sind Shearing Interferometer zur MTF-

Messung bekannt. Diese erfassen pro Einstellung (Shearwinkel) nur einen Meßwert der eingestellten Ortsfrequenz und sind somit für polychromatische Beleuchtung, welche für Bildgütemeßgeräte benötigt wird, nicht geeignet.

Alle punktmessenden Vorrichtungen benötigen für eine vollständige Aufnahme eine längere Zeit, in welcher es durch Vibrationen, welche auf die Vorrichtung von außen einwirken, zu einer Verfälschung des Meßergebnisses kommen kann.

Außerdem sind Testsysteme bekannt, welche drehbare Diodenzeilen verwenden. Mit diesen Meßwertaufnehmern kann man eine fotoelektrische Spaltabtastung in sagitaler oder tangentialer Richtung durchführen. Als Beispiel sei hier die US-PS 43 29 049 genannt. Durch die notwendige mechanische Drehung entstehen zusätzliche Vibrationen, welche insbesondere bei der Messung der Bildschalen zu einer hohen Meßunsicherheit führen.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung für eine anpassungsfähige objektive Bildgüteprüfung zu schaffen, welche die in den bisherigen visuellen und mechanisch unterstützten Meßvorrichtungen liegenden Unsicherheiten ausschaltet und objektive, schnelle Meßergebnisse liefert.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das Merkmal des kennzeichnenden Teils des ersten Patentanspruchs dadurch gelöst, daß ein zweidimensionales Bild des Testmusters von einem Flächendetektor ohne bewegte Elemente aufgenommen wird und die aus diesem Bild gewonnenen Signale als ein Datenblock einer Bildverarbeitungsanlage zur Auswertung für ein vorgewähltes Auswertungsprogramm zugeführt werden.

Der besondere Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht darin, daß durch die sehr kurzzeitige Aufnahme (1/25 sec.) aller zur Prüfung benötigten Meßwerte eine Meßunsicherheit hinsichtlich von Vibrationen vermieden werden kann. Dies führt zu genaueren, objektiveren Meßergebnissen. Ein weiterer wesentlicher Vorteil besteht in der Unterdrückung des Fremdlichteinflusses. Dieses Fremdlicht bildet nun nur noch einen additiven, leicht subtrahierbaren Anteil, welcher für alle Meßwerte gleich groß ist.

Der Detektor kann aus mehreren Zeilendetektoren bestehen, welche in mehreren diskreten Strahlengängen (Erzeugung z.B. durch einen Strahlteiler) gegeneinander versetzt angeordnet sind. Vorteilhafter ist es aber, das zweidimensionale Meßbild mit einem Flächenarray aus mehreren Diodendetektoren aufzunehmen.

Die höchste Prüfgenauigkeit erhält man allerdings, wenn der Flächendetektor ein Film ist und das entwickelte Negativ mit einem Bildanalysesystem bezüglich Transmissionskontrast analysiert wird. Hierbei ist es vorteilhaft eine dreidimensionale MTF zu ermitteln, um auch eine Dezentrierung oder Astigmatismus zu erfassen.

Der Einfluß des Fremdlichtes kann minimiert werden, indem in der Beleuchtungsvorrichtung eine Blitzlichtquelle das bei der Messung benötigte Licht liefert. Erfolgt zwischen zwei Meßwertaufnahmen eine Bildaufnahme bei ausgeschalteter Blitzlichtquelle, so kann diese Aufnahme zur elektronischen Eliminierung des Fremdlichteinflusses herangezogen werden.

Um eine visuelle Kontrollmöglichkeit zu erhalten, ist es vorteilhaft, wenn im Beobachtungsstrahlengang ein Strahlteiler vorhanden ist. Dieser Strahlteiler lenkt einen Teil der Strahlungsintensität auf ein Okular, wodurch dort eine Beobachtung durch einen Beobachter erfolgen kann. An diesem Okular kann aber auch über

einen Adapter eine Kamera befestigt werden, um das durch den optischen Prüfling abgebildete Bild des Testmusters fotografisch aufzuzeichnen.

Die von dem ein zweidimensionales Bild aufnehmenden Diodendetektor kommenden Videosignale gelangen nach ihrer Digitalisierung in einen Speicher der Bildverarbeitungsanlage. Als Speicher eignet sich hierfür insbesondere ein Bildspeicher, welche schnelle, ganzheitliche Bildverarbeitungsoperationen ermöglicht.

Um eine optische Prüfung unter verschiedenen Beleuchtungswinkeln α zu ermöglichen, ist die Beleuchtungseinrichtung schwenkbar befestigt. Damit die Bildaufnahmeeinrichtung auch bei unterschiedlichen Beleuchtungswinkeln α das Testbild scharf auf den Diodendetektor abbilden kann, ist sie senkrecht zur optischen Achse der Beleuchtungsvorrichtung bei dem Beleuchtungswinkel $\alpha=0$ ausgerichtet und auf einem x-y-Tisch angebracht. Durch diese Maßnahmen ist es mit der Bildaufnahmevorrichtung möglich, das unter verschiedenen Winkeln α von dem optischen Prüfling kommende Bild des Testmusters scharf auf den Flächendetektor abzubilden. Gleichzeitig kann durch den parallelen Strahlengang vor dem optischen Prüfling der Einfluß der Beleuchtungsvorrichtung auf die Bildscharfe eliminiert werden.

Für verschiedene optische Prüfungen gibt es spezielle Testmuster. Eine Testmusterwechselvorrichtung ermöglicht hier eine schnelle Anpassung. Will man die verschiedenen Testmuster unter verschiedenen Spektralverhältnissen abbilden, so kann dies durch das Einschwenken von unterschiedlichen Farbfiltern mit einer Farbfiltereinschwenkvorrichtung geschehen.

Ein automatischer Transport des optischen Prüflings in die und aus der Prüfposition kann vorteilhafterweise durch einen beweglichen Transportschlitten erfolgen, welcher sich senkrecht zur optischen Achse der Beleuchtungsvorrichtung in Grundstellung bewegen kann.

Die Erfindung wird nachstehend in beispielhafter Weise anhand von zwei Zeichnungen näher erläutert, wobei weitere wesentliche Merkmale sowie dem besseren Verständnis dienende Erläuterungen und Ausgestaltungsmöglichkeiten des Erfindungsgedankens beschrieben sind.

Dabei zeigen:

Fig. 1 eine teilweise geschnittene Aufsicht eines Objektivprüfstandes;

Fig. 2 eine seitliche Ansicht von Fig. 1 mit Bildverarbeitungsanlage.

Die schematische Darstellung des Objektivprüfstandes in Fig. 1 und 2 beinhaltet im wesentlichen vier Teile

- eine Beleuchtungsvorrichtung (1)
- eine Befestigungsvorrichtung (2)
- eine Bildaufnahmevorrichtung (4) und
- eine Bildverarbeitungsanlage (5).

Die Beleuchtungsvorrichtung (1) hat eine thermische Lichtquelle oder eine Blitzlichtquelle (6). Das von dieser ausgestrahlte Licht wird von einer Beleuchtungsoptik (7) auf ein zur Prüfung geeignetes, durchscheinendes zweidimensionales Testmuster (8) gelenkt. Die von dem Testmuster (8) ausgehenden Strahlen werden mit einer am Ende der Beleuchtungsvorrichtung (1) befindlichen Austrittslinse (9) (in einem parallelen Strahlengang) nach Unendlich abgebildet. Um die Beleuchtungsvorrichtung (1) unterschiedlichen Anforderungen hinsichtlich des verwendeten Testmusters (8) und der chromatischen Spektralverteilung anpassen zu können, sind an

der Beleuchtungsvorrichtung (1) zwei Wechselvorrichtungen vorhanden. Die erste Wechselvorrichtung dient zum Einschwenken von verschiedenen Farbfiltern (24a, b) in den Beleuchtungsstrahlengang, die zweite zum Einschwenken verschiedener Testmuster (8a, b). Beide Wechselvorrichtungen arbeiten unabhängig voneinander und sind gemäß dem allgemein bekannten Stand der Technik aufgebaut. Die Wechselvorrichtungen für die Farbfilter (24a, b) und die Testmuster (8a, b) sind zusammen mit der Blitzlichtquelle (6) mit der Bildverarbeitungsanlage (5) verbunden. Die Bildverarbeitungsanlage (5) veranlaßt den Bediener interaktiv, bzw. automatisiert die Beleuchtungsvorrichtung nach Eingabe eines Testmuster zur Einstellung der verschiedenen Beleuchtungsparameter. Dazu gehören neben der Auswahl der Farbfilter (24) und der Testmuster (8), das Auslösen der Blitzbeleuchtungsquelle (6) und die Ausrichtung der Beleuchtungsvorrichtung (1) relativ zum Objektiv (3) als optischen Prüfling. Zur Durchführung dieser Ausrichtung ist die Beleuchtungsvorrichtung (1) schwenkbar gelagert, so daß der Beleuchtungswinkel α des Beleuchtungsstrahlenganges auf das Objektiv (3) zwischen zwei Messungen auf Veranlassung der Bildverarbeitungsanlage (5) verändert werden kann. Der Drehpunkt (25) der Beleuchtungsvorrichtung (1) liegt dabei möglichst nahe der ersten Hauptebene der Eintrittslinse (26) der zu prüfenden optischen Systeme, die hier als Objektiv (3) dargestellt sind. Da die Beleuchtungsvorrichtung (1) das Objektiv (3) mit einem parallelen Strahlengang ausleuchtet, ist die Lage des Drehpunktes (26) für die Durchführung der Prüfung nicht sehr kritisch. Er muß lediglich so gelegt werden, daß eine vollständige Ausleuchtung des Objektivs (3) bei jedem einstellbaren Beleuchtungswinkel α sichergestellt ist. In der Fig. 1 ist der Strahlengang für einen Punkt auf dem Testmuster (8) eingezeichnet.

Vor der Beleuchtungsvorrichtung (1) ist das Transportband (15) für die Objektive (3) angebracht. Jedes zu prüfende Objektiv (3) wird von einer Befestigungsvorrichtung (2) gehalten. Das Transportband (15) ist im Bereich der Prüfvorrichtung exakt senkrecht zur optischen Achse (27) der Beleuchtungsvorrichtung (1) bei dem Beleuchtungswinkel $\alpha=0$ ausgerichtet. Die optische Achse des Objektivs (3) stimmt in der Prüfstellung exakt mit der optischen Achse (27) der Beleuchtungsvorrichtung (1) bei dem Beleuchtungswinkel $\alpha=0$ überein. Die Befestigungseinrichtung (2) besitzt eine Dreheinrichtung gemäß dem Stand der Technik, um eine nachträgliche Ausrichtung des Objektivs (3) in der Prüfstellung zu ermöglichen. Die Ausrichtung in der Prüfstellung hat den Vorteil, daß keine Verfälschung des Prüfergebnisses durch eine falsche Ausrichtung des Objektivs (3) erfolgen kann. Die Ausrichtung wird dabei durch die Bildverarbeitungsanlage (5) gesteuert.

Das aus dem Objektiv (3) austretende Strahlenbündel wird von einem Mikroskopobjektiv (10) der Bildaufnahmevorrichtung (4) aufgenommen. Das Mikroskopobjektiv (10) bildet dann das Strahlenbündel auf ein CCD-Flächenarray (11) ab. Vor dem Flächenarray (11) befindet sich ein Strahlenteiler (12), der einen Teil der Strahlungsintensität auf ein Okular (13) ablenkt. Dieses Okular (13) erlaubt eine visuelle Kontrolle des Testmusters und dient insbesondere der visuellen Justierung. Außerdem ist an dem Okular (13) eine Befestigungsmöglichkeit für eine Kamera (hier nicht eingezeichnet) zur Dokumentation des Testbildes auf einer fotografischen Schicht vorhanden. Die Bildaufnahmevorrichtung (4) ist auf einem x-y-Tisch (14) befestigt. Dieser x-y-Tisch (14)

ist exakt zur optischen Achse (27) der Beleuchtungsvorrichtung (1) ausgerichtet. Die Bewegungsmöglichkeiten des x - y -Tisches (14) sind notwendig, um das Testmuster (8) bei jeder Stellung der Beleuchtungsvorrichtung (1) scharf auf das CCD-Flächenarray (11) abzubilden. Entsprechend den unterschiedlichen Beleuchtungswinkeln α erfolgt durch den x - y -Tisch (14) senkrecht zur optischen Achse (27) des Objektivs (3) eine Versetzung Δy der Bildaufnahmeverrichtung (4). Die Bewegungen des x - y -Tisches (14) werden durch die Bildverarbeitungsanlage (5) entsprechend den für die Bildaufnahme optimalen Bedingungen veranlaßt.

Die von dem CCD-Flächenarray (11) nach einer in bekannter Weise bewirkten automatischen Fokussierung erzeugten Videosignale gelangen über einen Umsetzer (16) an den D/A-Wandler (17) der Bildverarbeitungsanlage (5). Die digitalisierten Signale werden in einem Bildspeicher (18) dann zwischengespeichert und bei Aufforderung durch das Prüfprogramm in den Arbeitsspeicher (19) zur Bearbeitung übertragen. Das Prüfprogramm regelt die Einstellungen an dem Prüfstand (Blitzlichtquelle (6), Farbfilter (24a,b), Testmuster (8a,b), Beleuchtungswinkel α , Transportband (15), Dreheinrichtung der Befestigungsvorrichtung (2), x - y -Tisch (4) und Bildaufnahme durch CCD-Flächenarray (11)), ermittelt mit einem Auswertungsprogramm die Fehler des Objektivs (3) und sorgt für eine Dokumentation der ermittelten Daten, welche über die angeschlossenen Peripheriegeräte (Drucker (21), Videoprinter (22) und Monitor (23)) ausgegeben werden.

Außerdem synchronisiert das Prüfprogramm alle zur Steuerung des Prüfvorganges notwendigen Einstellungen, insbesondere auch die Blitzbeleuchtung mit der Bildaufnahme.

Bei der Bildaufnahme erfolgt gleichzeitig eine Korrektur des Linearitätsfehlers des CCD-Flächenarrays (11). Zur Unterdrückung des weißen Rauschens können mehrere Videobilder im Bildspeicher (18) aufaddiert werden. Die Auswertung des Testmusterbildes im Bildspeicher (18) erstreckt sich insbesondere auf die chromatischen Aberrationen, die Bildschalenlagen und die MTF.

Bei hochwertigen Objektiven erhält man erst mit der Bestimmung der dreidimensionalen MTF eine sichere Qualitätsaussage, wobei die Auswertung des Kontrastes in mehreren Richtungen (z.B. mittels Radialgitter unter $0, \pm 30, \pm 60, \pm 90$) erfolgen muß. Dabei markieren die radialen Maxima beispielsweise die Richtung von Dezentrierungen und von Astigmatismus. Unbedingt erforderlich ist die Bestimmung der dreidimensionalen MTF bei allen hochwertigen Objektiven, bei denen infolge Glasinhomogenitäten Temperaturfehler nicht mehr als rotationssymmetrisch sind.

Die Umkehrbarkeit des Strahlenganges wird bei einer abgewandelten Prüfanordnung ausgenutzt, bei welcher das Testmuster in die Bildebene gelegt und entsprechend beleuchtet wird. Der Flächendetektor befindet sich bei in der Objektebene.

Die zweidimensionale Bildaufnahme des abgebildeten Testmusters kann wie in dem Beispiel beschrieben durch ein CCD-Flächenarray erfolgen. Praktikabel wäre aber auch die Verwendung von zwei diskreten fotoempfindlichen Zeilendetektoren, welche in zwei diskreten Strahlengängen hinter einem Strahlteiler in zueinander gekreuzter Stellung angebracht sind. Der Flächendetektor kann aber auch durch einen lichtempfindlichen Film realisiert werden, welcher in der Position des CCD-Flächenarrays die Daten der Prüfung als Block auf-

zeichnet. Nach der Belichtung des Films wird dieser entwickelt und der Datenblock auf dem Film einer Bildverarbeitungsanlage zur Auswertung für ein vorgewähltes Auswertungsprogramm zugeführt. Der dabei gemessene Transmissionskontrast erlaubt eine sehr viel präzisere Prüfung von optischen Systemen, da die Aufzeichnungsichte auf einem Film heute noch sehr viel höher ist als bei allen anderen bekannten Flächendetektoren. Deshalb ist die Verwendung eines Filmes insbesondere bei der Prüfung von Hochleistungsobjektiven besonders vorteilhaft.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Prüfung von optischen Systemen, bei welchen ein zweidimensionales Testmuster beleuchtet und über einen das zu prüfende optische System enthaltenden Strahlengang auf einen fotoempfindlichen Detektor einer Bildaufnahmeverrichtung abgebildet wird, und die von diesem Detektor erzeugten Signale einer Bildverarbeitungsanlage zur Auswertung zugeführt werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein zweidimensionales Bild des Testmusters von einem Flächendetektor (11) ohne bewegte Elemente aufgenommen wird und die aus diesem Bild gewonnenen Signale als ein Datenblock einer Bildverarbeitungsanlage (5) zur Auswertung für ein vorgewähltes Auswertungsprogramm zugeführt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in die Bildebene des Prüflings (3) ein lichtempfindlicher Film gelegt wird, dieser mit einem entsprechenden Verschuß vor der Lampe (6) kurzzeitbelichtet wird und das entwickelte Negativ mit einem Bildanalysesystem bezüglich Transmissionskontrast analysiert wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–2, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildverarbeitungsanlage (5) außerdem alle notwendigen Testparametereinstellungen an einem Prüfstand steuert, welche insbesondere durch eine Beleuchtungsvorrichtung (6) und die Vorrichtungen des Prüfstandes (2, 15) sowie gegebenenfalls durch eine Farbfilter (24b) und Testmusterwechselvorrichtung (8b) gegeben ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, daß durch Kontrastauswertung in mehreren Richtungen eine dreidimensionale MTF ermittelt wird.
5. Vorrichtung zur Prüfung von optischen Systemen gemäß dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1–4, bestehend aus einer Beleuchtungsvorrichtung, einer Befestigungsvorrichtung, einer Bildaufnahmeverrichtung und einer Bildverarbeitungsanlage, dadurch gekennzeichnet, daß der fotoempfindliche Detektor (11) zu einer simultanen zweidimensionalen Bildaufnahme befähigt ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der fotoempfindliche Detektor (11) als ein Flächenarray aus mehreren Diodendetektoren aufgebaut ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß in der Beleuchtungsvorrichtung (6) eine Blitzlichtquelle vorhanden ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5–7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Strahlteiler (12) oder Klappspiegel in der Bildaufnahmeverrichtung (4) einen Teil der Strahlungsintensität auf ein Oku-

lar (13) lenkt.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5–8, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Bildverarbeitungsanlage (5) ein Bildspeicher (18) vorhanden ist, welcher an der Bildaufnahmeverrichtung (4) angeschlossen ist. 5

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5–9 und zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungs- 10
vorrichtung (6) schwenkbar, die Bildaufnahmeverrichtung (4) senkrecht zur optischen Achse der Beleuchtungs-
vorrichtung (6) in der Grundstellung ausgerichtet und die Bildaufnahmeeinrichtung (4) auf einem x-y-Tisch (14) angebracht ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5–10, 15
dadurch gekennzeichnet, daß eine Testmusterwechselvorrichtung (8b) an der Beleuchtungs-
vorrichtung (6) angebracht ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5–11, 20
dadurch gekennzeichnet, daß eine Farbfilterwechselvorrichtung (24b) an der Beleuchtungs-
vorrichtung (6) angebracht ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5–12, 25
dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Systeme (3) zwischen der Beleuchtungs- (6) und der Bild-
aufnahmeverrichtung (4) auf einem beweglichen Transportschlitten (2, 15) befestigt sind, so daß auch
Meßsignale bei mehreren Bildhöhen ausgewertet werden können.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

— Leerseite —

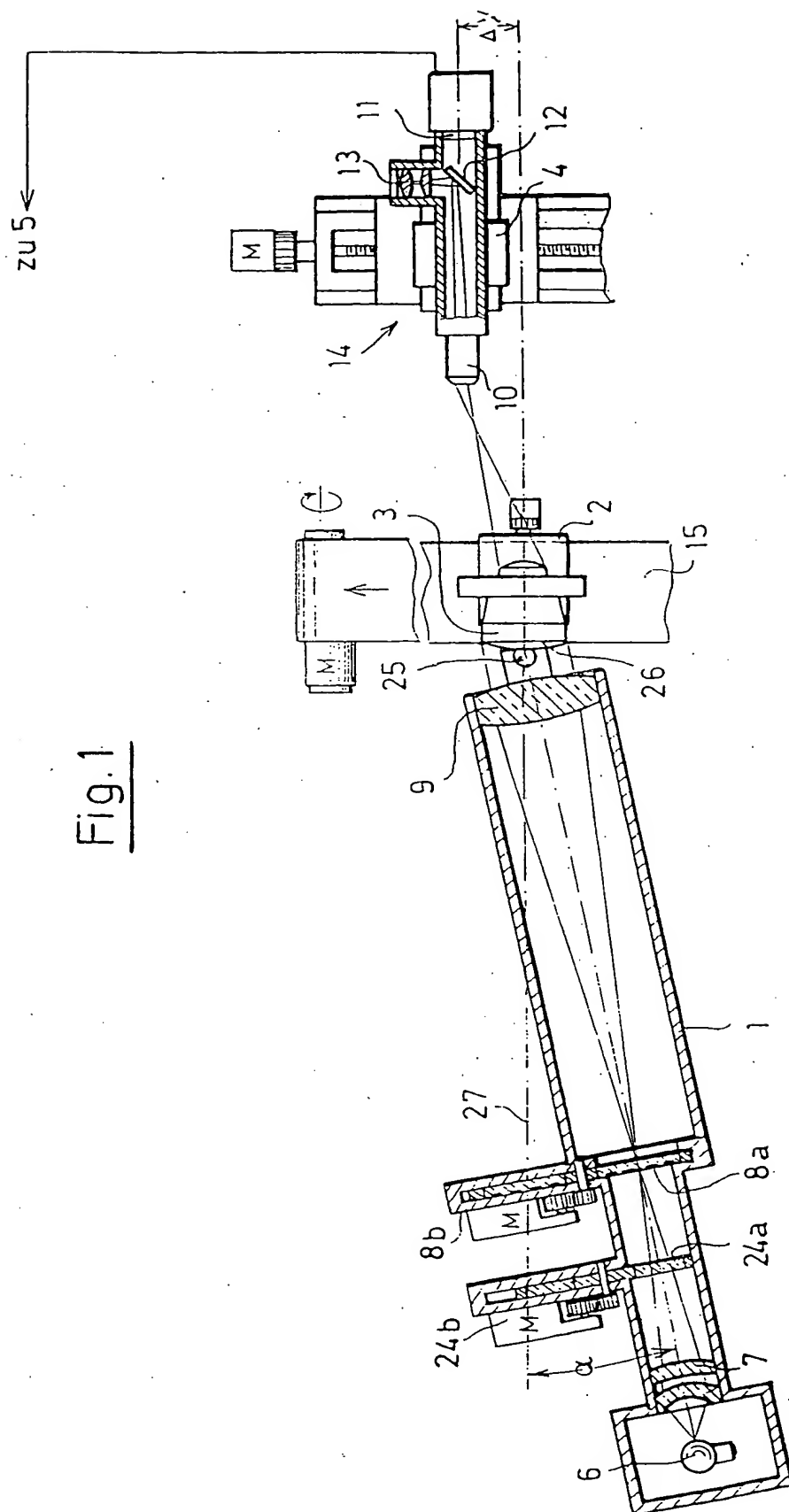


Fig. 2

